

Le papier dans les environnements virtuels pour l'architecture : Quels supports pour un traitement digital de l'information?

Christelle Boulanger, Stéphane Safin et Françoise Decortis

IKU, Interaction Knowledge and Usages Research Unit, Université de Liège,
[prénom.nom]@ulg.ac.be

Résumé : En architecture, le support papier est présent dans différentes activités et, malgré la prégnance de l'informatique dans tous les domaines, il reste l'outil privilégié de l'architecte pour réaliser ses relevés ou ses premières esquisses de conception. Les caractéristiques du papier-crayon, comme sa maniabilité ou sa faculté à supporter la créativité par l'ambiguïté et l'imprécision des traits, en font un outil incontournable. Dans le cadre du développement d'interfaces-esquisse basées sur une technologie à stylo et dont l'objectif principal est d'apporter des aides dans les phases de relevé et dans les premières phases de conception, nous nous intéressons à la question du support : est-il possible d'utiliser un papier satisfaisant aux caractéristiques essentielles du papier traditionnel, et qui serait un support pour un traitement digital de l'information ? Nous nous intéressons aux questions d'usage et envisageons les différents types de papiers virtuels en regard des différentes situations de travail que rencontre l'architecte.

Mots-clés : Conception architecturale, croquis de conception, interfaces d'esquisse, outils d'assistance aux dessins.

1 Introduction

Dans le domaine de l'architecture, le support papier est présent dans différentes activités. À l'étape du relevé déjà, le bâtiment est esquissé sur un bloc de feuilles ou un carnet de notes avant d'être remis au net sur un logiciel CAO. De même, dans les premières étapes de la conception, il est habituel pour l'architecte d'esquisser ses dessins préliminaires sur papier avant de les convertir en représentation dans les systèmes de CAO conçus pourtant pour cela.

À l'heure actuelle où l'informatique et les nouvelles technologies sont partout, pourquoi l'architecte utilise-t-il encore le papier-crayon dans ces étapes importantes du projet ? Mac Call *et al.* (2001) identifient trois principales raisons faisant du papier un outil privilégié en phases préliminaires: le papier est un support privilégié pour une certaine abstraction et ambiguïté qui correspond bien à l'état du projet encore peu développé à la phase des premières esquisses ; il supporte ensuite les transformations progressives des dessins successifs jusqu'à la solution finale dans un processus non-destructif et il permet enfin la production de dessins inter-reliés présents sur des feuilles différentes. Le papier dispose en outre de plusieurs caractéristiques : il est

léger, facilement manipulable, flexible, pliable, ... Il fournit un espace de travail à deux dimensions et existe en plusieurs types (papier-calque, transparent, opaque, brouillon, dessin, ...) et plusieurs formats. Il s'intègre de plus harmonieusement dans des environnements de travail constitués de différents outils.

Ces caractéristiques sont essentielles pour les esquisses des toutes premières phases du projet qui ne sont pas qu'une simple externalisation de l'image mentale du concepteur, mais aussi un champ d'exploration heuristique dans lequel le concepteur découvre de nouvelles interprétations de ses propres dessins, lui offrant d'autres perspectives de solutions (Goldschmidt, 1991).

Or, les systèmes de CAO actuels ne supportent pas ces propriétés propres au papier. En effet, le dessin digital, aux contours rigoureux, est considéré plus fini et moins créatif que les esquisses traditionnelles, floues et ambiguës à main levée. De plus, les outils CAO sont utiles pour produire des objets qui peuvent être manipulés (modification, destruction, etc.) alors que la conception se caractérise plutôt comme un processus non-destructif dans lequel les dessins successifs sont progressivement transformés jusqu'à la solution finale. Et enfin, les systèmes CAO ne permettent plus la réalisation de dessins inter-reliés, mais plutôt un modèle unique, isolé du processus global (Mac Call et al., 2001).

Dès lors, considérer l'esquisse comme base à une nouvelle interface permettrait une interaction plus spontanée entre l'homme et l'ordinateur, mais serait en outre un moyen d'intégrer l'assistance dans le cœur du processus de conception et non au moment de sa finalisation (Safin, Boulanger et al., 2005).

Nous participons ainsi au sein d'une équipe pluridisciplinaire (LuciD Group) composée de concepteurs architectes et mécaniciens, de développeurs et d'ergonomes, au développement d'outils d'assistance basés sur l'esquisse pour les architectes. Ces interfaces-esquisses de nouvelle génération sont basées sur une technologie de l'ordinateur à stylo et ont pour objectif principal de supporter des interactions naturelles tout en apportant des aides dans les phases de relevé (IC&C), d'une part, et dans les premières phases de conception (EsQUIsE et le Bureau Virtuel), d'autre part, phases actuellement réalisées à main levée.

IC&C est un outil destiné à remettre au net, à l'échelle et en temps réel, les dessins et relevés réalisés à main levée sur site par l'association des technologies de l'ordinateur à stylo et de la reconnaissance vocale. EsQUIsE est un système d'aide à la conception architecturale au stade de l'esquisse. Deux idées principales sont à la base du développement de cet outil : D'une part, permettre à l'architecte de créer librement son bâtiment à partir d'esquisses digitalisées ; et d'autre part, apporter une aide dans l'évaluation des performances du bâtiment et par la génération spontanée d'un modèle sémantique 3D, directement à partir de l'esquisse à main levée. Suivant le courant de l'ordinateur invisible, le Bureau Virtuel, basé sur le logiciel EsQUIsE, offre un espace de travail réactif. En effet, le concepteur assis devant un bureau traditionnel et muni d'un stylo, bénéficie de la simplicité d'utilisation d'un espace de travail naturel, tout en utilisant des aides virtuelles, enrichissant l'aspect créatif de son travail.

Nous nous intéressons à la question du support : est-il possible d'utiliser un papier satisfaisant aux caractéristiques essentielles du papier traditionnel (flexibilité, versatilité, tangibilité), et qui serait un support pour un traitement digital de l'information ? Mackay et Fayard (1999) soulignent la nature située de l'utilisation du papier et considèrent la conception d'un papier virtuel « le papier interactif » selon trois perspectives : comme un objet physique, comme un artefact social et comme un objet augmenté. Dès lors, nous envisageons différents concepts de papier virtuel en regard des différentes situations de travail que rencontre l'architecte dans ses activités de relevé et de conception, qui tiennent compte, en fonction des situations, des aspects physique, social et augmenté du papier.

Ce papier synthétise nos réflexions issues de plusieurs séances créatives et de testing de maquettes et prototypes réalisés avec l'équipe (LuciD Group) au sujet des interfaces et des situations réelles des architectes.

2 Le dessin dans les activités de relevé et de conception

2.1 Activité de relevé

Le relevé se fait généralement à l'aide d'un crayon, bic, et d'un support papier comme un bloc-notes, le plus souvent de format A4 (Figure 1). Ce support peut être tourné dans tous les sens, orienté de manière à choisir une orientation par rapport au corps (ex. disposer le côté qui est relevé face à nous). Le support peut, en outre, être déposé à tout moment et à différents endroits stables ou non, lorsque les professionnels prennent les mesures et ont besoin d'une liberté de mouvement.



Fig. 1 – Le papier comme support à l'activité de relevé sur site.

La réalisation d'un relevé peut s'effectuer dans différents contextes: le relevé d'un site, d'un terrain, d'un bâtiment ou d'une partie de celui-ci. Ainsi, la dimension ou l'ambiance atmosphérique d'un site à relever peuvent varier. Le niveau de bruit peut être relativement élevé et l'endroit du relevé très poussiéreux. Le dessin peut être réalisé ainsi avec plus ou moins de précision et de justesse.

Par ailleurs, la réalisation du relevé peut se faire sur un bloc de feuilles blanches ou quadrillées et nécessiter plusieurs feuilles, ou encore se baser sur un fond de plan existant, correspondant à un calque issu d'un plan CAO, ou à un plan scanné.

L'importance du dessin, au stade du relevé, est soulignée par les architectes qui y trouvent un moyen pertinent de s'approprier le bâtiment et les détails qui leur auraient probablement échappés sans cette représentation personnelle sur papier.

Le contenu du relevé varie également en fonction des objectifs poursuivis. Ainsi, un relevé pour une rénovation de bâtiment pourra être réalisé au centimètre, alors que le relevé d'un escalier pour en modifier la configuration nécessitera des mesures au millimètre. De même, la précision des cotes mesurées sera relative dans le premier cas et importante dans l'autre. Le relevé du site aura pour objectif une construction, une transformation ou encore une mise à jour de plan. Le relevé peut, en outre, contenir des annotations de différents types (précision du matériau existant, explication de l'élément représenté, renvoie à un autre schéma, à une photo, ...), qui sont reliées directement ou indirectement à un élément du plan et qui peuvent être écrites dans tous les sens par rapport au support.

Le professionnel peut ajouter à son relevé des dessins de détail qui précisent une partie du plan général, ou encore des dessins de plans en élévation. Il utilise parfois des couleurs notamment pour différencier les lignes du plan des lignes de cotes. Il peut surcharger une page de son bloc de feuilles, ou décider de passer à la suivante, même si le dessin qui suit est un prolongement du précédent. Et il lui arrive enfin de commettre certaines erreurs lors de son relevé, qui l'obligent à revenir sur le terrain pour vérifier quelques cotes ou pour en compléter d'autres, afin de parvenir à la mise au net.

La mise au net d'un relevé est réalisée sur un logiciel CAO de manière plus ou moins précise en fonction de l'objectif poursuivi lors de la création du plan. Ainsi, le nombre et le type de cotes ou d'éléments nécessaires peuvent varier, tout comme la précision des cotes. L'utilisation qui en sera faite détermine également le type de norme utilisée quant aux couleurs correspondant aux épaisseurs de traits. La mise au net nécessite la prise en compte pour l'architecte, d'informations qui peuvent ne pas être présentes sur le relevé papier, comme des informations emmagasinées concernant l'état ou le matériau d'un mur, etc. ou des photos. D'autres informations viennent encore s'ajouter. Il s'agit des connaissances implicites dont dispose l'architecte, sur le domaine pour lequel le relevé est effectué. Ces connaissances vont l'aider à prendre les décisions quant au degré d'imprécision acceptable, des décisions qui dépendent du contexte et de la nature du relevé.

2.2 Activité de conception

La conception architecturale est un processus long. Nous considérons qu'elle comprend deux étapes principales. La première – la *conception* à proprement parler est une étape créative, au cours de laquelle la plupart des idées sont effectivement émises, « couchées sur papier ». Il s'agit d'un moment d'intense création, ponctué

d'essais, d'erreurs, de retours en arrière, d'expérimentations, de recherches de concepts, d'émergence d'idées....

La seconde étape, beaucoup plus longue, est l'étape que nous qualifions de *production*. Sur base de ce qui fut produit au cours de la phase précédente, l'architecte procède à un travail de production où ce sont moins les idées qui sont importantes – puisque déjà esquissées – que la paramétrisation de plus en plus complète du bâtiment, pour aboutir à des plans de différents types, dans une démarche visant à une définition de plus en plus précise de l'objet architectural (Lebahar, 1993).

La première étape est celle qui nous intéresse puisqu'elle est essentiellement basée sur la réalisation d'esquisses à main levée (Figure 2).

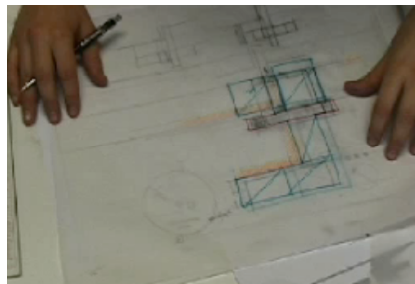


Fig. 2 – Le papier comme support dans les premières phases de conception.

Les études scientifiques de l'esquisse ont permis de décrire les opérations émergeant de la production d'esquisses successives et notamment les *transformations latérales* où le mouvement se passe d'une idée à une autre idée légèrement différente et les *transformations verticales* traduisant le mouvement d'une idée vers une version plus détaillée de la même idée (Goel, 1995). Goel montre ainsi que les esquisses à main levée, grâce à leur densité syntaxique et sémantique et leur ambiguïté, jouent un rôle important dans l'activité de conception créative, exploratoire et dans ses phases d'ouverture. Il suggère que les propriétés du dessin à main levée facilitent les transformations latérales et préviennent des fixations précoces.

Au stade de la conception, la représentation papier offrirait une grande clarté à la conception. En effet, selon Graves (1981), la tension des lignes sur le papier possède une prégnance qui décrit des possibilités qui ne pourraient être imaginées seulement dans la pensée. Les esquisses seraient ainsi les principaux moyens de pensée selon Herbert (1993).

L'importance des représentations utilisant le papier est encore soulignée par Lawson (1997) pour qui le dessin papier-crayon médiatise et facilite les pensées ; et les idées de conception émergent comme le résultat de cette interaction. Le concepteur peut ainsi externaliser sa pensée en utilisant un crayon sur un papier qui est un espace 2D. Tout en dessinant, le concepteur réfléchit sur ce qui a été représenté. Il construit des hypothèses et les vérifie, en explorant graduellement un ensemble d'« idées » de conception dans un processus d'essais et erreurs.

Dans l'idée de soutenir ces activités avec un système informatique permettant d'apporter une réelle aide et basé sur des interactions simples (à stylo), la question du

support et de l'interface nous paraît naturellement digne d'intérêt. En effet, créer un nouveau système implique sans doute – afin de pouvoir profiter de la puissance de calcul des ordinateurs – une modification de la nature même de la feuille de papier, celle-ci devenant au moins en partie digitale.

3 Quel support pour un traitement digital de l'information ?

Afin de développer les supports qui permettront de substituer le papier dans les systèmes d'aide IC&C et EsQUIsE appliqué ou non au Bureau Virtuel, nous avons analysé, au cours de séances créatives avec l'ensemble de l'équipe, quelles caractéristiques du papier réel sont pertinentes en regard des différentes situations de travail que rencontre l'architecte. Nos réflexions nous ont conduit à identifier différents besoins en fonction du type d'activité, du contexte de l'activité, du type d'aide à apporter à l'activité et du type d'instrument utilisé.

3.1 Le support et le type d'activité

Les activités de relevé et de conception, au stade des premières étapes, se basent toutes deux sur les dessins à main levée qui sont remis au net dans un second temps sur un logiciel CAO. Mais alors que le relevé consiste en un état des lieux qui représente la situation actuelle d'un bâtiment et qui doit être fidèle à celui-ci, les premières étapes de conception correspondent, elles, à des projections de la situation future de ce bâtiment. Ainsi, la nature de l'activité est différente et implique des besoins différents en termes d'utilisation du papier.

En effet, l'aspect créatif est totalement absent dans l'activité de relevé, alors qu'il est prédominant dans l'activité de conception. Cet aspect créatif se traduit dans la conception par la réalisation de traits ambigus et flous, par des surlignages et griffonnages, par l'utilisation de plusieurs feuilles en parallèle et le passage d'une à l'autre favorisant les modifications, améliorations et transformations par un mélange d'idées qui surgissent des différentes réinterprétations des esquisses revisitées. Le support digital devrait permettre ces actions qui favorisent la pensée créative. Ainsi, il devrait supporter le va-et-vient et la manipulation de feuilles séparées. Cette manipulation doit être la plus naturelle et aisée possible afin de ne pas rompre le processus créatif. Cette activité est en outre caractérisée par une prolifération d'idées qui s'entremêlent et qui devraient être supportées par le système.

Quant à l'activité de relevé, elle s'avère plus procédurale et craint moins une coupure dans le processus. Le support papier ne nécessite pas un va-et-vient entre plusieurs feuilles. Le passage d'une à l'autre peut ainsi être moins fluide que pour la conception, permettant d'insister plus sur d'autres aspects comme l'optimisation de la surface de dessin permettant d'intégrer le plus de détails possible en fonction des besoins du moment, ou l'importation d'un fond de plan qui permettra de partir sur une base concrète.

3.2 Le support et le contexte de l'activité

Quant aux contextes de réalisation de ces activités, ils diffèrent totalement, en ce sens que le relevé est réalisé sur site, dans des conditions pouvant être inconfortables, alors que l'activité de conception est réalisée au bureau ou dans d'autres lieux, mais généralement plus confortables.

En effet, lors du relevé, le froid peut amener l'architecte à porter des gants, entravant la précision du dessin et des notes. La chaleur ou le bruit peuvent être dérangeants, poussant l'architecte à réaliser le relevé le plus efficacement possible afin de rester moins longtemps. En outre, le relevé est généralement réalisé debout, le support au bras, rendant celui-ci instable.

Ces aspects du contexte orientent le support au dessin vers une utilisation du papier digital basique et simple pour le relevé, substituant un bloc de feuilles ou un carnet de notes et ne nécessitant pas de longues manipulations qui feraient perdre du temps, là où le professionnel essaie d'en gagner. De plus, la portabilité du support et sa maniabilité est un aspect primordial à une bonne insertion de celui-ci dans l'activité. Ceci implique pour le type de papier digital que la surface disponible devra être limitée par soucis de légèreté et de maniabilité de l'outil. L'interface devra alors être la plus épurée possible afin d'optimiser la surface du dessin disponible et d'éviter des passages trop nombreux à de nouvelles feuilles.

En outre, la précision du dessin sera plus relative pour le relevé que pour l'esquisse de conception dans la mesure où la stabilité du support sera plus approximative. Ainsi, le système devra compenser cette imprécision d'une manière ou d'une autre aussi bien pour son interprétation du dessin qu'au niveau des manipulations nécessaires pour atteindre une fonction.

3.3 Le support et le type d'aide à apporter à l'activité

Enfin, le type d'aide envisagé par le système pour supporter ces activités oriente également le support papier digital. En effet, le système IC&C vise une aide au niveau de la mise au net du relevé, cette mise au net se voulant automatique et gérée par le système alors que le professionnel est toujours sur le site. L'objectif est de permettre au professionnel de retirer les avantages des actions liées au dessin pour la réalisation du relevé, en lui évitant les inconvénients d'une mise au net fastidieuse et les pertes de temps liées aux allers-retours entre le bureau et le terrain, cette activité de mise au net étant jugée plutôt ennuyeuse par les architectes.

L'aide visée par les systèmes EsQUISe et le Bureau Virtuel consiste à offrir des évaluateurs du bâtiment et une visualisation de celui-ci en 3D dès les croquis à main levée, de manière à ce que le professionnel puisse dès cette phase, se rendre compte de la pertinence de son projet, tout en bénéficiant d'un environnement naturel adapté à la tâche.

Les implications au niveau du type de support papier virtuel sont relatives aux aspects de visualisation du dessin après l'intervention du système et à la manière dont l'utilisateur va pouvoir intégrer ces nouvelles données et/ou documents dans ses propres papiers et documents de travail.

Au niveau du relevé, la visualisation correspond à l'état de représentation du bâtiment avec les informations présentes à un moment donné, cette représentation pouvant être corrigée ou complétée par le professionnel pour se rapprocher de plus en plus de la représentation nette et à l'échelle du bâtiment avec une précision définie par lui en fonction de ses objectifs. La nouvelle représentation peut s'intégrer facilement à l'activité en tant que nouveau document de travail puisqu'elle constitue ici une étape sur un continuum plus ou moins linéaire.

Au niveau des esquisses de conception, les différentes visualisations constituent des représentations et évaluations du projet en un instant donné, orientant la poursuite de la conception. La représentation finale à obtenir n'est pas définie ici. Chaque visualisation peut ainsi remettre en question l'ensemble du projet comme elle peut favoriser le développement de nouvelles idées. Les représentations ici ont donc un rôle plus fin que pour le relevé. En effet, elles peuvent réorienter le processus de conception et donner au projet un angle tout à fait différent. Elles orientent l'objet de l'activité, alors que la représentation du relevé faite par le système doit correspondre au bâtiment tel qu'il est réellement et constitue en elle-même l'objet de l'activité.

3.4 Le support et le type d'instrument

L'analyse des activités oriente le type d'instrument qui pourra être utilisé et qui, à son tour, oriente le support papier digital qui pourra être développé. Parmi les instruments, nous avons envisagé trois types d'outils qui permettent la réalisation de dessins à main levée et leur interprétation par le système :

- Le Bureau Virtuel décrit ci-dessus (figure 3) ;
- Le Tablet PC (figure 4) correspondant à un ordinateur portable muni d'un écran tablette ;
- Le stylo Anoto (figure 5), ressemblant à un stylo digital normal mais constitué d'une caméra intégrée qui capture les traits lorsque le stylo est utilisé sur un papier spécial dont l'aspect et les caractéristiques correspondent au papier normal. Les informations capturées sont envoyées au système, qui les interprète et peut fournir l'aide, via une connexion bluetooth ou USB.



Fig. 3, 4 et 5 – Bureau Virtuel – Tablet PC – Stylo Anoto.

Pour l'activité de relevé, il est clair que l'instrument qui sera utilisé doit être transportable, mais aussi portable. Soutenu au bras, il se doit d'être suffisamment léger pour pouvoir être porté pendant plusieurs heures, et très maniable et manipulable pour pouvoir être tourné dans tous les sens. En outre, afin de pouvoir

pallier aux difficultés liées à la mise au net et éviter les allers-retours entre le bureau et le site, le retour à l'utilisateur et la visualisation de ce que le système a interprété du dessin de l'architecte doivent se faire en temps réel.

Au niveau de la portabilité, le Tablet Pc et l'Anoto sont les deux options envisagées ; chacun disposant d'avantages et d'inconvénients. Le Tablet PC est portable, mais ne satisfait toutefois pas aux exigences de légèreté et de maniabilité. Il offre cependant l'avantage de disposer d'un écran-tablette permettant les retours à l'utilisateur en temps réel. L'Anoto répond quant à lui parfaitement aux exigences de légèreté, maniabilité tout en conservant l'aspect très naturel de l'activité. L'inconvénient majeur étant la nécessité de disposer d'un complément informatique permettant la visualisation des représentations fournies par le système. Ces représentations étant en outre limitées à la visualisation et ne pouvant être intégrées comme documents de travail pour l'utilisateur.

Pour l'activité de conception, les trois instruments peuvent être envisagés en fonction de situations particulières. Le Bureau Virtuel serait l'instrument permettant la meilleure métaphore du bureau et où le support papier virtuel peut se rapprocher le plus du papier tangible. Cet instrument serait utilisé dans les situations de conception individuelle, mais serait un support privilégié pour la conception collaborative.

Le Tablet PC serait l'instrument privilégié pour les rencontres avec le client ou avec d'autres professionnels car il pourrait facilement être transporté tout en permettant les visualisations et les modifications immédiates.

Quant au stylo Anoto, il serait intéressant dans les situations plus improvisées de conception. Son extrême portabilité autorisant l'architecte à le prendre partout. Il serait utile en capturant les traits dont l'architecte visualise l'interprétation plus tard, au bureau.

Ces réflexions nous conduisent à développer différents concepts de papier virtuel pouvant s'adapter aux différentes activités, mais également aux différents instruments.

4 Différents concepts de papier virtuel

Les caractéristiques ainsi identifiées nous ont permis de définir les concepts pour la sélection et la création des supports digitaux. Actuellement, les concepts de papier virtuel pour l'activité de conception sur le Bureau Virtuel et pour l'activité de relevé sur le Tablet PC ont été développés.

4.1 La conception sur le Bureau Virtuel

Nous avons mentionné plus haut que l'activité de conception serait assistée par un système qui permettra les va-et-vient entre plusieurs feuilles, par une manipulation aisée ne rompant pas le processus créatif illustré par des surlignages et griffonnages; et que les idées nombreuses à ce stade, devront être supportées par le système. Nous

avons vu, en outre, que les différentes représentations constituent des aides qui orientent la conception et qui correspondent à un agencement d'idées à un moment donné, ces idées pouvant évoluer, mais aussi disparaître ou réapparaître à différents moments de telle sorte que, du nouvel agencement, résulte une tout autre représentation. Et enfin, nous avons conclu que la configuration conception - Bureau Virtuel supportait assez bien les activités de conception individuelle mais également collaborative. Plusieurs concepts de papier virtuel ont été envisagés pour répondre à ces éléments :

Le concept de tracé réaliste:

Ce concept est lié aux traits flous et ambigus qui résultent de la force et de l'inclinaison du crayon par rapport au papier, ainsi que du surlignage réalisé par l'architecte. Une recherche en cours, vise ce tracé réaliste qui joue un rôle important dans l'interprétation que le professionnel se fait de son propre dessin et des réinterprétations qu'il en fait après avoir revisité un dessin précédent.

Le concept de feuilles virtuelles:

Ce concept correspond au fait de pouvoir visualiser plusieurs feuilles virtuelles sur le même écran, et donc en même temps, afin de comparer les idées. Il inclut la possibilité de superposer les feuilles comme si elles étaient empilées et de réaliser ainsi plusieurs tas de feuilles en fonction du rangement et classement de l'utilisateur. Enfin, ce concept permet de travailler sur plusieurs feuilles en même temps, et d'envisager pour plus tard la possibilité de travailler avec plusieurs stylos en même temps et donc à plusieurs utilisateurs.

Le concept de classeur virtuel :

Les feuilles séparées manipulées par l'architecte peuvent être rangées ensemble comme dans un classeur virtuel. Celui-ci est considéré comme un tout par le système qui va interpréter les esquisses en fonction de leur agencement. Ainsi, deux classeurs peuvent comprendre les mêmes esquisses et ne différer que sur une d'entre elles. L'architecte peut évaluer par exemple deux versions de son bâtiment, l'une ne différant de l'autre que pour un élément.

Le concept de manipulation à la main :

Ce concept est lié au précédent et consiste à pouvoir déplacer les feuilles à la main comme on le ferait sur un bureau normal avec du papier réel. Une manipulation aisée est vivement souhaitée, nous l'avons vu, pour passer simplement d'une esquisse à une autre et récupérer les idées d'une esquisse pour les appliquer à une autre et réagencer ainsi la conception.

4.2 Le relevé sur le Tablet PC

Nous avons signalé l'importance au niveau du relevé d'optimiser la surface de dessin pour permettre l'intégration de détails, et la nécessité de pouvoir importer un fond de plan comme base au dessin. Nous avons vu également que la situation de relevé où le support est généralement porté et où les conditions peuvent être inconfortables, ne permet pas une manipulation aisée des éléments, ni une précision optimale, impliquant une interaction très simple avec le système. Enfin, l'aide étant fournie directement au niveau de l'objet de l'activité, les représentations de celui-ci pourront être directement utilisées comme document de travail. Les concepts envisagés concernant le type de support papier virtuel pour cette configuration sont :

Le concept du papier actif et inactif :

Ce concept tend à supporter l'utilisation des fonds de plan comme base au relevé et à distinguer ceux-ci du papier sur lequel le croquis est réalisé.

Ainsi, le plan actif serait celui sur lequel l'architecte travaille, celui du dessin ou des annotations ; tandis que le plan inactif serait le fond de plan importé et placé sous le plan actif. Un système de transparence permet de visualiser le fond de plan à travers le plan actif comme avec un calque. Un kite (Aliakseyeu, 2003) permet de positionner correctement le fond de plan afin qu'il corresponde bien à la partie souhaitée comme base au dessin.

Le concept des pelures et du carnet virtuel :

Ce concept vise une visualisation du résultat des interprétations du système sans l'ouverture de fenêtres supplémentaires dans lesquelles le professionnel pourrait se perdre et qui nécessiterait des manipulations difficiles sur un support instable. Ce concept envisage un carnet virtuel. Sur la première page, l'architecte réalise le croquis à main levée appelé « croquis libre ». S'il le souhaite, il peut visualiser la manière dont le système a capturé ses traits et notes. Pour cela, il lui suffit de tourner la page de son carnet à l'aide d'une flèche en haut à droite de l'écran. Ce qu'il peut voir est le « dessin symbolique » qui est une représentation du croquis gardant les mêmes proportions que ce dernier, mais dont les traits sont remis droits et les annotations et cotes typographiées. Cette pelure permet à l'architecte de vérifier que le système a bien tout reconnu et de corriger le cas échéant. Il lui est possible ensuite de continuer à dessiner sur ce dessin symbolique qui devient le nouveau croquis, ou de retourner à la page précédente. Dans ce cas, les traits ajoutés au croquis fourniront un dessin symbolique différent et intégrant ces nouvelles données lorsque la page sera tournée.

Il est ainsi possible de revenir en arrière autant de fois qu'on le souhaite, simplement en tournant les pages.

Une troisième pelure correspond à la mise à l'échelle du plan comme il le serait sur le logiciel CAD. Cette pelure nécessite quant à elle d'être demandée en dehors du carnet et il n'est pas possible de l'utiliser comme support au dessin, si ce n'est en fond de plan inactif.

5 Conclusion

Par l'analyse des activités de relevé et des premières phases de conception architecturale, nous avons montré que ces deux activités diffèrent sur de nombreux points. Ainsi, le papier-crayon est un outil utilisé dans ces deux activités mais pour des raisons différentes, dépendantes de la nature et du contexte de réalisation de l'activité. Nous avons essayé de définir les caractéristiques du papier qui, pour chaque activité, font de cet outil un moyen de travail privilégié. À partir de ces caractéristiques particulières, nous avons développé des concepts pour un support au dessin digitalisé, permettant d'intégrer ceux-ci dans des systèmes d'aide.

Des prototypes vont être implémentés. Les concepts vont être testés avec les utilisateurs dans les situations réelles, et dans des focus groups composés d'architectes. Les concepts vont pouvoir ainsi être améliorés en fonction des résultats des évaluations et par les idées développées lors des focus groups avec les architectes.

6 Remerciements

Nous remercions le LuciD Group, au sein duquel nous travaillons à ces projets, ainsi que les nombreux professionnels qui collaborent au développement des systèmes.

7 Références

- ALIAKSEYEU D. *A Computer Support Tool for the Early Stages of Architectural Design*, Thèse de Doctorat. Eindhoven : Technische Universiteit Eindhoven, 2003.
- GOEL V. *Sketches of Thought*, Bradford MIT Press, Cambridge, 1995.
- GOLDSCHMIDT G. The Dialectics of Sketching. In *Design Studies*, Vol. 4, p.123-143, 1991.
- GROSS M. The Electronic Cocktail Napkin, Working with Diagrammes. In *Design Studies*, Vol. 17, p.53-69, 1996.
- HERBERT D.M. *Architectural Study Drawings*, Van Nostrand Reinhold, New-York, NY, 1993.
- LAWSON B. *Design in Mind*, Architectural Press, Oxford, 1997.
- LEBAHAR J-C. *Le dessin d'architecte, simulation graphique et réduction d'incertitude*, éditions Parenthèse, coll. Architecture/outils, 1983.
- MACCALL R., EKATERINI V. & ZABEL J. Conceptual design as hypersketching. *Proc. Of the 9th Int. Conference CAAD Futures*, p285-298. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 2001.
- MACKAY W.E. & FAYARD A-L. Designing Interactive Paper : Lessons from three Augmented Reality Projects. *Proc. Of IWAR'98, Int. Workshop on Augmented Reality*. Natick, MA :A K Peters, Ltd., 1999.
- SAFIN S, BOULANGER C & AL. Premières évaluations d'un Bureau Virtuel pour un processus de conception augmenté. *Proc. De IHM'05, 17^{ème} conférence francophone sur l'interaction homme-machine*. Toulouse, ACM Press, 2005.